

03.09.98

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1997年 9月 8日

REC 27 OCT 1998

WIPO

PCT

出 願 番 号  
Application Number:

平成 9年特許願第242290号

出 願 人  
Applicant(s):

大阪瓦斯株式会社

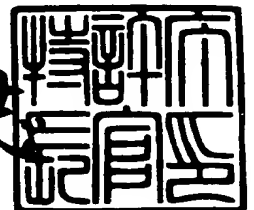
09/508024

PRIORITY DOCUMENT

1998年10月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平10-3080314

【書類名】 特許願

【整理番号】 T097129000

【提出日】 平成 9年 9月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 29/00

【発明の名称】 超音波探触子及び超音波検査方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号 大阪瓦斯株式会社内

【氏名】 北岡 利道

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号 大阪瓦斯株式会社内

【氏名】 井上 富美夫

【特許出願人】

【識別番号】 000000284

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

【氏名又は名称】 大阪瓦斯株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080975

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号

【弁理士】

【氏名又は名称】 北村 修

【電話番号】 06-374-1221

【選任した代理人】

【識別番号】 100107308

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号

【弁理士】

【氏名又は名称】 北村 修一郎

【電話番号】 06-374-1221

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004673

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704589

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波探触子及び超音波検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波を焦点に集束させて発生する曲面集束型振動子を備え、るとともに、前記曲面集束型振動子の前側にマッチング部材を、前記曲面集束型振動子の後側にバックング材を備えた超音波探触子であって、

継手軸周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを継手内部に備えたポリオレフィン樹脂融着継手の継手内周面と、前記ポリオレフィン樹脂融着継手に融着されるポリオレフィン樹脂管の管外周面との間に形成される融着界面の状態を検査する為に使用され、

前記マッチング部材が前記ポリオレフィン樹脂融着継手の外周面形状に倣う先端形状を有し、且つ、前記ポリオレフィン樹脂管と同一のポリオレフィン樹脂材料からなり、

マッチング部材先端を前記ポリオレフィン樹脂融着継手の継手外周面に当接させた状態で、前記曲面集束型振動子の焦点が前記融着界面の位置とされる超音波探触子。

【請求項2】 前記曲面集束型振動子と前記マッチング部材とを一体化するに、ポリオレフィン樹脂材料の一部表面を前記曲面集束型振動子の曲率に加工し、前記曲面集束型振動子と前記マッチング部材との対応面を接着して一体化された請求項1記載の超音波探触子。

【請求項3】

前記マッチング部材が、溶融状態にあるポリオレフィン樹脂材料を型内で前記曲面集束型振動子と一体成型して得られた一体成型部材である請求項1記載の超音波探触子。

【請求項4】 継手軸周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを継手内部に備えたポリオレフィン樹脂融着継手の継手内周面と、前記ポリオレフィン樹脂融着継手に融着されるポリオレフィン樹脂管の管外周面との間に形成される融着界面の状態を、超音波により検査する超音波検査方法であって、

超音波探触子として、前記超音波を焦点に集束させて発生する曲面集束型振動

子を備え、前記曲面集束型振動子の前側にマッチング部材を、前記曲面集束型振動子の後側にバックング材を備え、

前記マッチング部材が前記ポリオレフィン樹脂融着継手の外周面形状に倣う先端形状を有し、且つ、前記ポリオレフィン樹脂管と同一のポリオレフィン樹脂材料からなり、

マッチング部材先端を前記ポリオレフィン樹脂融着継手の継手外周面に当接させた状態で、前記曲面集束型振動子の焦点が前記融着界面の位置である超音波探触子を使用して検査をおこなう超音波検査方法。

【請求項5】 前記マッチング部材を前記ポリオレフィン樹脂融着継手の外周面に当接した状態において、前記外周面の法線に対して、前記曲面集束型振動子の振動面を軸対象に配置して、検査用の前記超音波として縦波を使用する請求項4記載の超音波検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、継手軸周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを内部に備えたポリオレフィン樹脂製（代表的には、ポリエチレンもしくは架橋ポリエチレンを挙げることができ、ポリブテンの場合もある）の融着継手の内周面と、この融着継手に融着されるポリオレフィン樹脂管の管外周面との間に形成される融着界面の状態を、検査する検査技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

今日、都市ガス配管、給湯用配管等を対象として、架橋ポリエチレン樹脂管を代表とする樹脂管を使用することが検討されている。

これらのポリエチレン樹脂管1を接合する目的で、所謂、エレクトロフュージョン継手2を採用することが提案され、実施段階に到ろうとしている。ここで、エレクトロフュージョン継手2とは、図3、4に示すように、継手内部に、継手の軸Z周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤー3を備えたものであり、このような継手2を使用して、ポリエチレン樹脂管を接合する場合は、継手内に接合対象

の管1を挿入した状態で、前記融着用ワイヤー3に通電をおこない、継手内周面4と管外周面5とを融着して、管1の良好な接合状態を確保する。即ち、所謂、融着界面6が、両者間に形成される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

エレクトロフュージョン継手2を使用する場合としては、例えば、都市ガスの配管、給湯用配管等を現場で接続する場合や、補修をおこなう場合がある。このような場合に、前述の融着界面に砂、ゴミ、ほこりを噛みこんだり、一部にボイドが形成されたりすることがある。このような場合、融着界面の強度が低下する。

発明者らは、上記のような問題を検出するために、融着界面に焦点を合わせた集束型の超音波を利用して検査をおこなうことを検討した。このように超音波を使用して検査をおこなおうとする場合、所謂、水浸法探触子（マッチングのために、少なくとも振動子と検査体との間を水で埋める）で超音波検査をおこなうことが一般的である。

しかしながら、水を用いる水浸法集束型探触子では、継手に超音波が入射する時に屈折が起こり融着界面に焦点を合わせることが難しい。さらに、検出できる信号が比較的小さく、融着用ワイヤーの近傍にある欠陥部を有効に識別しにくいことが判明した。

さらに、現場で水浸法超音波装置を使用しようとする、水槽内に継手等を配置する必要が生じるため、装置構成が大掛かりとなり、非常に使用しにくい。

【0004】

本願の目的は、例えば架橋ポリエチレンといったポリオレフィン樹脂製のエレクトロフュージョン継手と、同一材料からなるポリオレフィン樹脂管との融着界面の状態を、この界面に超音波を確実に集束させながら、良好に検査することができる超音波探触子を得るとともに、このような超音波探触子を使用した超音波検査方法を得ることにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明による、超音波を焦点に集束させて発生する曲面集束型振動子を備えるとともに、前記曲面集束型振動子の前側にマッチング部材を、前記曲面集束型振動子の後側にバックング材を備えた超音波探触子の特徴構成は、以下のとおりである。

即ち、これは、継手軸周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを継手内部に備えたポリオレフィン樹脂融着継手の継手内周面と、このポリオレフィン樹脂融着継手に融着されるポリオレフィン樹脂管の管外周面との間に形成される融着界面の状態を検査する為に使用され、

前記マッチング部材がポリオレフィン樹脂融着継手の外周面形状に倣う先端形状を有し、且つ、前記ポリオレフィン樹脂管と同一のポリオレフィン樹脂材料からなり、

マッチング部材先端をポリオレフィン樹脂融着継手の継手外周面に当接させた状態で、曲面集束型振動子の焦点が融着界面の位置とされる構成とされる。

この超音波探触子を使用する場合にあっては、マッチング部材の先端をポリオレフィン樹脂融着継手の外周表面に直接、当接させて、これを使用する。従って、水浸法のように、検査対象物を水槽内に配設して検査をおこなう必要もない。

さらに、本願にあっては、曲面集束型振動子を使用し、さらに、探触子が継手外周表面に当接した状態で、その焦点が融着界面のある位置とされるため、融着用ワイヤーからの反射波を少ないものとして、検査をおこなうことができる。ここで、超音波の集束点である焦点位置は、融着界面に確実に対応した位置とされる必要があるが、マッチング部材の先端が継手外周面形状に倣ったものとなっており、さらに、このマッチング部材が継手材料と同一の材料であるポリオレフィン樹脂とされるため、マッチング部材と継手外周面との界面に於ける散逸及び屈折等と発生することなく、信頼性よく継手内部に超音波を伝播させることができ、確実に界面に超音波を集束させて、検査をおこなうことができる。

さらに、マッチング部材と継手、管との材質が同一のものであるため、この材料に関して、散逸しやすい周波数としにくい周波数とが特定できる。結果、散逸の起こり難い周波数を比較的強い信号強度で検出することができ、有効な検査をおこなうことができる。

また、一般に集束型の構造を採る場合にあっては、振動子を平面形状のものとし、マッチング部材の先端表面を曲面として、集束構造を採ることも考えられるが、このような構造を採る場合は、曲面に形成されるマッチング部材の先端曲面での散逸を発生しやすいが、本願にあっては、振動子自体が曲面形状を有するため、発生される音波自体が集束するように発生され、同一の材料内を発生された方向に伝播するため、伝播路の屈折に伴う散逸を起こし難く、確度の高い検出をおこなうことができる。従って、本願のように、比較的近接して融着用ワイヤーと所謂欠陥が有るものを対象とする場合にあっては、その識別性を向上させて検出をおこなうことができる。

このような構成の超音波探触子を構成する場合にあっては、曲面集束型振動子とマッチング部材とを一体化するに、ポリオレフィン樹脂材料の一部表面を曲面集束型振動子の曲率に加工し、曲面集束型振動子とマッチング部材との対応面を接着して一体化されることが好ましい。この構成方法が最も簡便である。

さて、このような超音波探触子にあって、マッチング部材が、熔融状態にあるポリオレフィン樹脂材料を型内で曲面集束型振動子と一体成型して得られた一体成型部材であることが、好ましい。このような製造工程を経て、振動子とマッチング部材とを一体成型することで、両者間が確実に密着したものを得ることができ、振動子で発生した超音波を確実にマッチング部材内に伝播させることができる。

#### 【0006】

これまで説明してきたように、継手軸周りに螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを継手内部に備えたポリオレフィン樹脂融着継手の継手内周面と、ポリオレフィン樹脂融着継手に融着されるポリオレフィン樹脂管の管外周面との間に形成される融着界面の状態を、超音波により検査する場合にあっては、超音波探触子として、超音波を焦点に集束させて発生する曲面集束型振動子を備え、曲面集束型振動子の前側にマッチング部材を、曲面集束型振動子の後側にバックング材を備え、このマッチング部材がポリオレフィン樹脂融着継手の外周面形状に倣う先端形状を有し、且つ、前記ポリオレフィン樹脂管と同一の材料からなり、マッチング部材先端をポリオレフィン樹脂融着継手の継手外周面に当接させた状態で、曲面



集束型振動子の焦点が前記融着界面の位置である超音波探触子を使用して、検査をおこなうことが好ましい。

この方法にあっても、装置、検出操作の簡略化の効果を得ることができるとともに、マッチング部材と継手外周面との界面に於ける散逸及び屈折等と発生することなく、継手内部に超音波を伝播させることができ、確実に界面に超音波を集束させて、検査をおこなうことができる。結果、このような方法を採用する場合にあっても、比較的近接して融着用ワイヤーと所謂欠陥が有るものを対象とする場合にあっても、その識別性を向上させて検出をおこなうことができる。

この場合、マッチング部材をポリオレフィン樹脂融着継手の外周面に当接した状態において、外周面の法線に対して、曲面集束型振動子の振動面を軸対象に配置して、検査用の前記超音波として縦波を使用することが好ましい。

この構成にあつては、縦波は、法線に沿った粗密波として伝播するため、実質上の界面エコー（マッチング部材と継手外周面との界面）が発生しにくい状態で、検査をおこなうことができる。

【0007】

【発明の実施の形態】

本願の超音波探触子8を使用する超音波検査方法の構成を、図面に基づいて説明する。

図3、4は、融着作業完了後の管1とエレクトロフィージョン継手2の状態を示しており、同図に示すように、両者間には融着界面6が形成されるとともに、継手内で融着界面6に近接する位置に、融着用ワイヤー3がその断面で配設されることとなっている。図3は、先にも説明したように、管軸を横断する方向の断面を示している。融着用ワイヤー3は、線径0.8～1.5mm程度のものが、軸方向の巻き密度で、0.4～0.8回/mm程度で配設されている。従って、融着用ワイヤー3は管軸に対してほぼ直交する状態で巻かれている。

【0008】

図4に示すように、超音波検査装置7は、本願の超音波探触子8を備えたセンサ部9と、この超音波探触子8を動作させて、所定の反射信号データを得るとともに、得られた反射信号データから、融着界面6の状態を判定する本体部10と

を備えている。

先ず、センサ部9から説明すると、このセンサ部9は、所謂、超音波探触子8を備えており、この超音波探触子8は、本体部10にケーブル12により接続されている。

図1、2、3にも示すように、この超音波探触子8は、超音波を焦点11に集束させて発生する曲面集束型振動子13（その材料は、チタン酸バリウム、ニオブ酸鉛等である）を備えるとともに、この曲面集束型振動子13の前側にマッチング部材14を、後側にバックング材15を備えて構成されている。前記マッチング部材14がポリエチレン融着継手2の外周面形状に倣う先端形状を有する形状に成型されたポリエチレン材料から構成されており、このマッチング部材先端14aをポリエチレン融着継手2の継手外周面に当接させた状態で、曲面集束型振動子13の焦点11が融着界面6の位置となるように構成されている。

ここで、前記マッチング部材14は、溶融状態にあるポリエチレン材料を型内で前記曲面集束型振動子13と一体成型して得られる一体型成型部材である。

さらに、前記マッチング部材14をポリエチレン融着継手2の外周面に当接した状態において、継手外周面の法線に対して、曲面集束型振動子13の振動面は、この法線が対象軸となるように構成されている。即ち、マッチング部材の先端面の対象軸と曲面集束型振動子13の振動面の対象軸とは、一致している。従って、本願にあっては、検査用の超音波として縦波が使用される。

一方、バックング材15に関しては、超音波の分解能を向上するために、材料はその音響インピーダンスが振動子13のものに近いバインダーと混合された粉状のタングステンとされている。

超音波探触子8にあっては、その公称周波数が4.5MHzであり、周波数帯域が2～7MHzの範囲内にある狭帯域特性を有するものとされている。

【0009】

超音波探触子8は、継手内に超音波を入射するとともに、継手内部から反射して帰ってくる波を受信して、本体部10側へ送る構成とされている。

【0010】

次に、本体部10について説明する。この本体部10には、超音波探触子8を

、公知の所定の状態で動作させる（所定の超音波を継手内に入射し、継手内から帰ってくる信号を受信する）探触子動作制御手段16が備えられている。

この探触子動作制御手段16には、超音波探触子8を駆動するための公知の回路と、この探触子8によって受信される信号から、有用な信号を抽出する回路を備えている。即ち、図示は省略するが、所謂、起動用のドライバー、このドライバーからのトリガーにより所定のパルスが発生するパルス発生器、発生されたパルスを増幅して探触子8に伝えるための増幅器を、駆動側に備え、探触子8からの受信信号を増幅するための増幅器、増幅された信号から所定の波数の信号を抽出するバンドパスフィルター、さらに、信号のA/D変換をおこなうA/D変換器を受信側に備えている。これらの機器を、統括的に制御する制御機構が備えられている。

【0011】

従って、上記の探触子動作制御手段16を働かせて、パルスを発生するとともに、超音波探触子8から継手2内に伝播させ、帰ってくる信号を捕らえることによって、融着界面6にある検査対象物（欠陥）17の有無を判別することができる。

【0012】

さて、上記の超音波探触子8は、先に説明したように、マッチング部材14として、継手2、管5と同様な材料からなるポリエチレン材料から構成されているとともに、この探触子8が集束型（焦点を有する超音波を発生する）で、狭帯域特性を有するものとして構成されている。このような構成が好ましいことを確認するために、本願の発明者らがおこなった実験結果について、以下説明する。

#### 実験対象

##### 1 融着界面上の検査対象物17

大径（径1.4～1.6mm）の気泡と小径（径0.6～0.8mm）の気泡

これらの気泡と、融着用ワイヤーとの位置、大きさの比較を説明のために、図5（イ）（大径のもの）、（ロ）（小径のもの）に示した。

##### 2 比較検討した超音波探触子の特性種別条件としては、以下のものを検討した

- イ 集束狭帯域特性を有する超音波探触子
- ロ 集束広帯域特性を有する超音波探触子
- ハ 平面狭帯域特性を有する超音波探触子
- ニ 平面広帯域特性を有する超音波探触子

これらの超音波探触子において、集束とは、焦点が融着界面位置にあるものを意味し、平面とは、平面波を発生する探触子を示している。一方、狭帯域とは、その半値波長範囲が、3～5MHzに存在するものを示し、広帯域とは、その半値波長範囲が、0.5～3MHzに存在するものを示す。

#### 【0013】

さて、上記の4種の超音波探触子を使用して、径の異なった気泡を検出した場合の結果を、以下の表1に示した。同表において、○は融着ワイヤーと気泡との識別性に優れ、十分な信号強度が確保されていることを示している。一方、×は、融着ワイヤーと気泡との識別が難しく、信号強度が弱いことを示している。△は、検出状況が上記両者の中間状態であることを示す。

#### 【0014】

【表1】

探触子種別	イ集束狭帯域	ロ集束広帯域	ハ平面狭帯域	ニ平面広帯域
気泡（大）	○	○	×	○
気泡（小）	○	△	×	×

#### 【0015】

従って、比較的大きな気泡から、比較的小さな気泡にいたるまで、識別性よく検出を行おうとすると、先に説明した集束狭帯域型の探触子を使用することが好ましいことが判る。

このような結果の根拠となった実験結果（受信信号波の時間領域に於ける波形）を図6、図7に示した。これらの図において、サンプリングナンバーと記されている横軸は、時間に対応しており、縦軸は、受信波形の振幅を示している。

これらの図に融着ワイヤーからの音波と気泡からの音波の識別を示した。

さらに、図6は、大径の気泡に関する結果を、図7は小径の気泡に対する結果

を示している。表1に於けるイ、ロ、ハ、ニに対応する特性種別分類と、各図面に於けるイ、ロ、ハ、ニの記号は対応するものである。但し、図7においては、信号が弱いため、ハに対応する分類のものは省略した。

これらの図面より、表1のような結果となっていることが判る。

上記の具体的な実施の形態例においては、主に、構成材料としてのポリエチレンに関して説明したが、本願にあっては、架橋ポリエチレン、ポリブテン等も対象となり、これらの材料と総称してポリオレフィン樹脂と呼ぶ。但し、本願にあっては、マッチング部材と融着継手の材料間の関係にあっては、これらが、互いに同一（例えば、一方に架橋ポリエチレンを使用する場合は、他方も架橋ポリエチレンを採用する）であることが要件となる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

融着界面の状態を検査中の本願の探触子の状態を示すPE管部分横断面図

##### 【図2】

融着界面の状態を検査中の本願の探触子の状態を示すPE管、軸方向部分断面図

##### 【図3】

融着界面の状態を検査中の本願の探触子の状態を示すPE管全体横断面図

##### 【図4】

融着界面の状態を検査中の本願の探触子の状態を示すPE管、軸方向全体断面図

##### 【図5】

気泡の状態を示す説明図

##### 【図6】

種別の異なる探触子を使用した場合の検出波形を示す図

##### 【図7】

種別の異なる探触子を使用した場合の検出波形を示す図

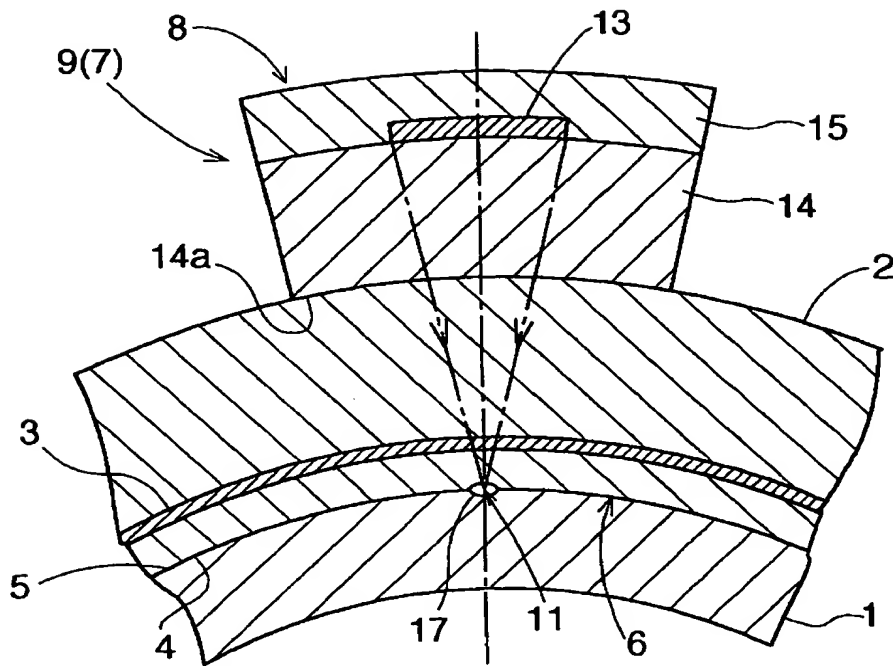
#### 【符号の説明】

## 2 融着継手

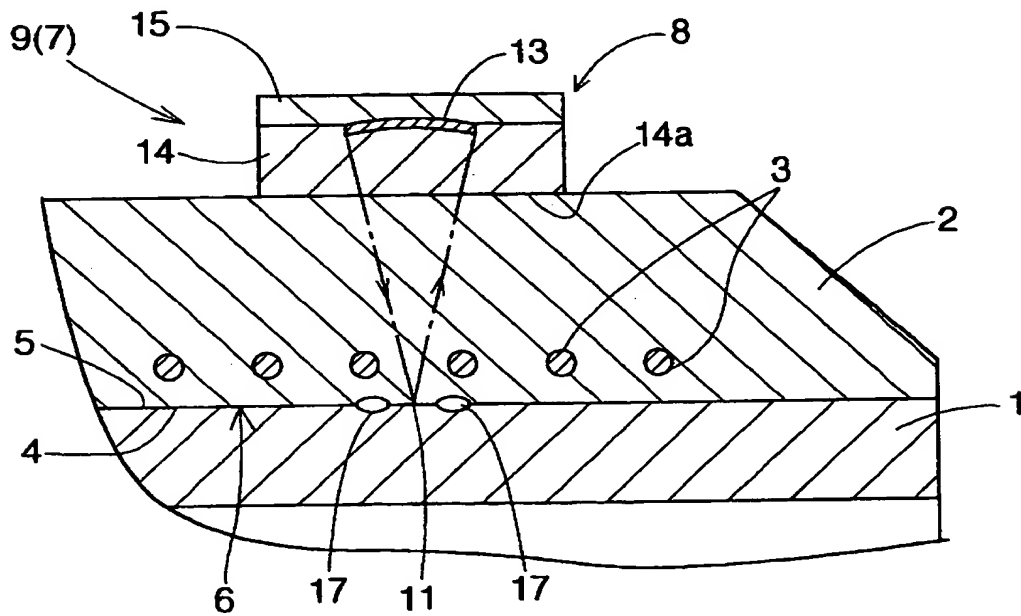
- 3 融着用ワイヤー
- 6 融着界面
- Z 軸方向

【書類名】 図面

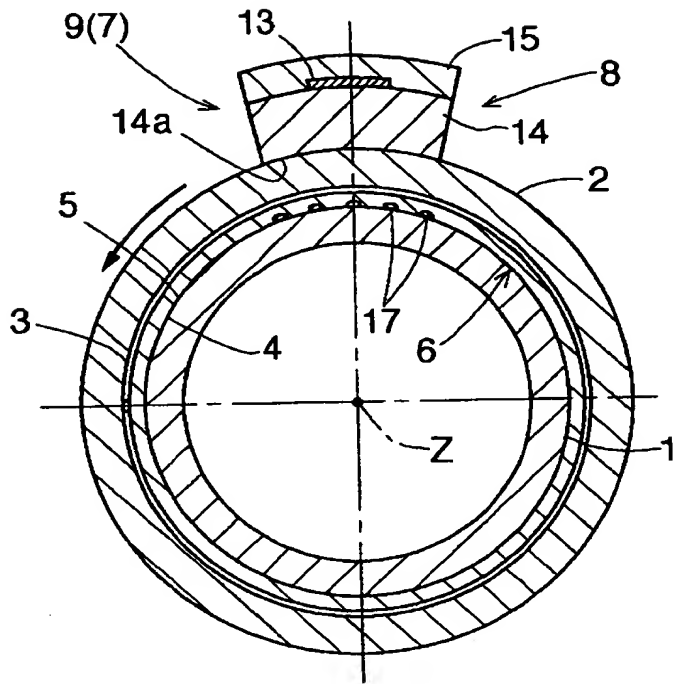
【図 1】



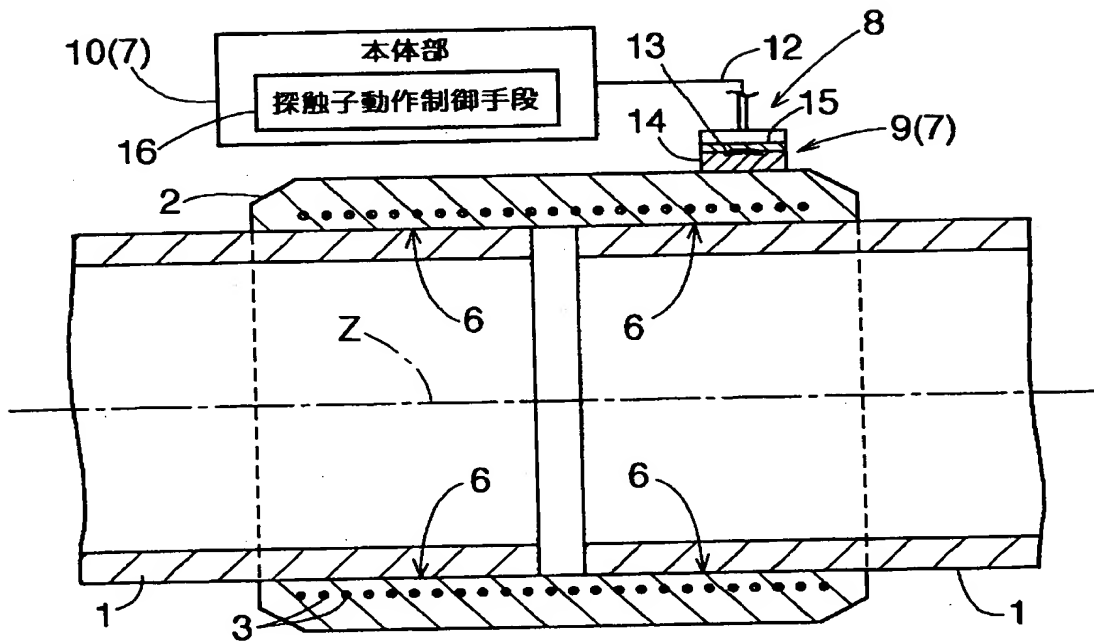
【図 2】



【図3】

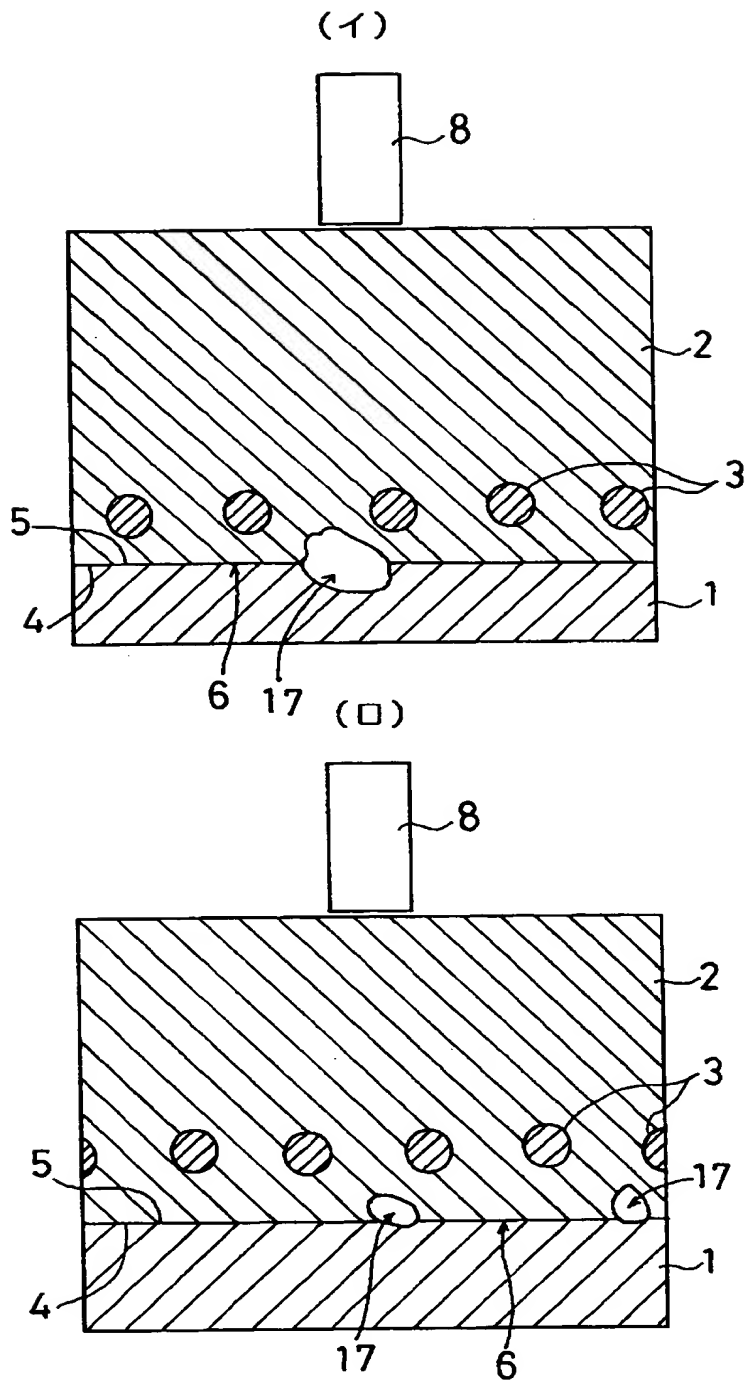


【図4】

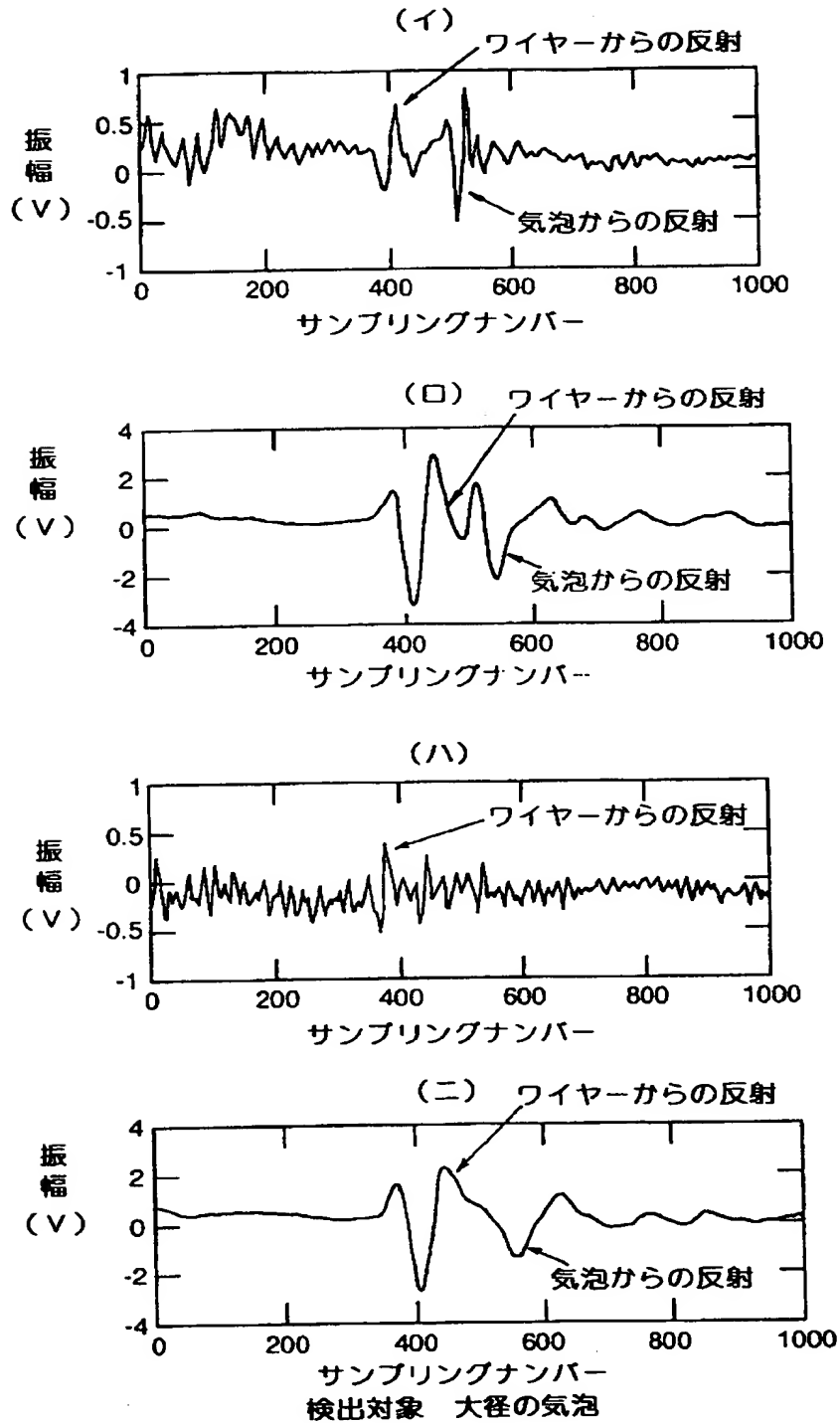




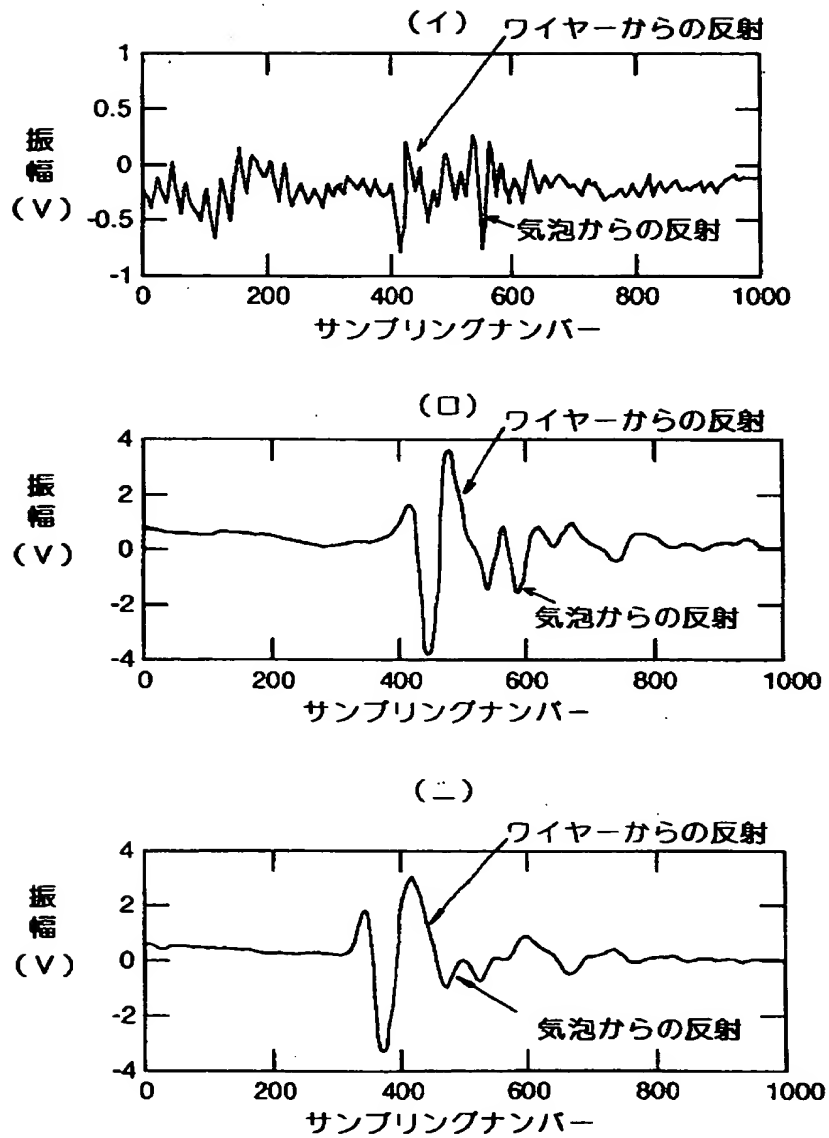
【図5】



【図6】



【図7】



検出対象 小径の気泡  
(ハ) に対応する検出は行えないため省略

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ポリエチレン製のエレクトロフュージョン継手とポリエチレン管との融着界面の状態を、この界面に超音波を確実に集束させながら、良好に検査することができる超音波探触子を得る。

【解決手段】 超音波を焦点に集束させて発生する曲面集束型振動子13を備え、曲面集束型振動子13の前側にマッチング部材14を、後側にバックング材15を備えた超音波探触子8を構成するに、マッチング部材14をポリエチレン融着継手2の外周面形状に倣う先端形状を有するポリエチレン材料からなるものとし、マッチング部材先端14aをポリエチレン融着継手2の継手外周面に当接させた状態で、曲面集束型振動子8の焦点が継手と管の前記融着界面6の位置となるものとする。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000000284

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

【氏名又は名称】 大阪瓦斯株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100080975

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号 北村修国際  
特許事務所

【氏名又は名称】 北村 修

【選任した代理人】

【識別番号】 100107308

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号

【氏名又は名称】 北村 修一郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000284]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
氏 名 大阪瓦斯株式会社